

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АСНИ

УДК 621.383:681.3

В.Л.Белов, Л.А.Луизова, В.П.Поливко

ЦИКЛИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ГОГИНА ДЛЯ
РАСШИРЕННЫХ В "m" РАЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ

(г. Петрозаводск)

При построении автоматической системы распознавания изображений должна решаться задача представления исходных данных, полученных в результате измерений коэффициентов разложения в определенной системе базисных функций подлежащего распознаванию объекта. На выбор оптимального базиса существенное влияние оказывают два фактора: первый связан с пороговой чувствительностью фотоприемного устройства, второй – с возможностью сгруппировать классовые признаки изображений и упростить проведение разделяющих поверхностей в пространстве признаков классификатора.

В последнее время уделяется большое внимание бинарным системам функций Уолша, Хаара и т.д. [1,2]. Интерес к подобным функциям, использующим двоичную арифметику, не случаен, а связан, прежде всего, с развитием дискретной и вычислительной техники, в частности микро и мини-ЭВМ, а также с внедрением методов цифровой обработки сигналов. Для кодирования изображений оказалась целесообразной реализация двумерного преобразования Адамара на матричном фотоэлектрическом преобразователе [3] посредством коммутации управляющих напряжений, подводимых к ортогональным шинам матрицы. В случае ограниченного класса входных изображений кодирование изображения при помощи преобразования Адамара и ему подобных ускоряет процесс распознавания, поскольку каждый коэффициент несет информацию о всем изображении, и поэтому для сравнения с эталоном часто достаточно лишь нескольких коэффициентов. Однако в тех случаях, когда положение изображения не фиксировано жестко в поле наблюдения, массив коэффициентов преобразования изменяется как по величине, так и по порядку следования при сдвигах изображения. То же самое происходит с изменением масштаба изображения, причем если при сдвигах изображения еще возможно путем математических операций сформировать из массива некоторые комбинации коэффициентов, инвариантных к сдвигу, то при изменении масштаба

это, как правило, невозможно.

В Петрозаводском университете найден циклический вариант [4,5], отличный от чистого преобразования Адамара прежде всего тем, что при сдвигах изображения сохраняется весь массив коэффициентов преобразования; со сдвигом их на такую же величину в порядке следования и существует линейная однозначная связь между массивом коэффициентов для растянутого в " m " раз изображения и массивом коэффициентов эталонного изображения.

Цель проделанной работы заключалась в проверке работоспособности циклического преобразования Гогина для растянутых в " m " раз изображений и на устойчивость его к шумам изображения методом машинного эксперимента.

Циклическое преобразование Гогина для растянутых в " m " раз изображений

Преобразование Адамара в матричной форме имеет вид

$$\hat{f} = \frac{1}{n} H f H, \quad (1)$$

где H - матрица Адамара.

Циклическое преобразование Гогина получают из преобразования Адамара посредством действия перестановочного оператора P [4]

$$F(f) = \frac{1}{n} (P H P^T) f (P H P^T). \quad (2)$$

Для двумерного случая расширенного изображения в " m_1 " раз по горизонтали и в " m_2 " по вертикали циклическое преобразование связано с преобразованием для эталона следующей формулой:

$$F[M(m_1 m_2)(ij)(f)] = S m_2 Q^* m_2 F(f) Q^* m_1 S m_1, \quad (3)$$

где M - оператор увеличения эталона в " m " раз, а

S_m - матрица размерности $n \times n$, построенная так, что

$$S_{ii} = m \quad S_{ij}(i=2 \dots n) = 0 \quad S_{ji}(i=2 \dots n) = 0,$$

второй столбец содержит m единиц и $n-m-1$ нулей, а остальные столбцы получаются как каждый из предыдущего путем циклического сдвига вниз на один элемент (Q_m - перестановочный оператор, который не меняет величины коэффициентов $F(f)$, но меняет порядок их следования).

На функцию f и число m накладываются следующие ограничения:

1. m должно быть взаимно-простым числом $2^V - 1$.
2. $f(0) = 0$ и значения f сосредоточены на V последовательных числах из множества $\{1, 2, 3, \dots, 2^V - 1\}$.

3. Расширение в m раз допустимо для функции в том смысле, что множество, на котором сосредоточены значения расширенной функции, "умещается" в множестве $\{0, 1 \dots n^V - 1\}$, где $n = 2^V$. В силу ограничения 1 удобными здесь являются те значения V , для которых число $2^V - 1$ простое, например, равное 3, 5, 7, 13. Такие числа известны как простые числа Мерсена.

При циклическом преобразовании Гогина расширенного изображения, описываемого формулой (3), как указывалось в работе [5], нулевая строка и нулевой столбец матрицы S_m при перестановках Q_{mi} и Q_{mj} переходят сами в себя, и формулу (3) для коэффициентов нулевой строки можно записать в другом виде:

$$\hat{y} = \hat{x} S_m, \quad (4)$$

где набор коэффициентов нулевой строки $\hat{x} = \{x_1, x_2, \dots, x_{n-1}\}$, $n = 2$, а $\hat{y} = \{y_1, \dots, y_{n-1}\}$. Для растянутого изображения (4) имеет очевидное решение

$$\hat{x} = \hat{y} S_m^{-1}. \quad (5)$$

Для распознавания односвязных изображений достаточно информации, заключенной в нулевой строке и нулевом столбце матрицы $\Gamma(f)$, и задача распознавания для растянутых изображений сводится к решению системы $n-1$ уравнений вида (5), т.е. практически распознавание изображений с различным масштабом можно производить таким образом:

1. Для эталонных изображений $f(i)$, состоящих из $V \times V$ элементов, находим набор коэффициентов $\Gamma(f_i)$. Обозначим их \hat{x}_i (i — номер эталона).

2. Анализируемое изображение f подвергается преобразованию $\Gamma(f)$ и находим набор коэффициентов первой строки \hat{y} .

3. Решаем (5), предполагая различные расширения m , т.е. перебирая $m = 1, 2, \dots$, и получаем ряд решений \hat{x}_m (набор $m = 1, 2, \dots$ ограничен условием $V \times m < 2^V - 1$). Этот набор \hat{x}_m можно считать информативным признаком. Если при каком-то m набор \hat{x}_m совпадает с \hat{x}_i , то изображение принадлежит i -му классу, а

m — его коэффициент расширения. Разумеется, требуемая мера близости X_m и X_j^L должна определяться для конкретных классов i и в зависимости от влияния шумов.

Результаты численного эксперимента по распознаванию расширенных изображений

Четыре эталонных изображения задавались на матрице $V \times V$ элементов при $V = 5$: треугольник — 1, прямоугольник — 2, круг — 3, пятиугольник — 4. Эксперимент проводился на ЭВМ "Одра-1204". Для распознавания эталонных изображений оказалось достаточно первой строки преобразования \hat{X} , но информационное расстояние, определяемое по формуле

$$\rho_{ke}^2 = \sum_{j=1}^K [X_{0j}^K - X_{0j}^e]^2$$

для различных изображений, не очень велико.

Т а б л и ц а I

e/k	ρ_{ke}			
	K			
	1	2	3	4
1	0	31	160	95
2		0	143	64
3			0	31
4				0

В табл. I приведены значения ρ_{ke} для всех фигур.

Могло возникнуть опасение, что при решениях системы (5) появится набор \hat{X} , близкий к "чужому" эталону, так как решения выполняются при разных m до совпадения набора \hat{X} с одним из эталонов. Однако численный эксперимент показал, что для рассматриваемых классов изображений "пересечения" классов не происходит. Эксперимент проводился при различных расширениях $m = 1, 2, 3, 4, 5$. Более того, расстояние ρ_{ke} между расширенным изображением и эталоном при $K \neq e$ ни при каких "ошибочных" версиях m не было меньше расстояния между эталонными изображениями. Была проведена оценка возможности распознавания изображения при наличии шумов. Шумы эле-

ментов матрицы изображения и фона считались независимыми и нормально распределенными с дисперсией σ^2 . В табл.2 приведены значения дисперсий отсчетов фотоприемной матрицы $\sqrt{\sigma^2 y}$, обеспечивающих различие пар объектов с номерами K и ℓ с надежностью 95% для различных m . Очевидно, что требования к стабильности отсчетов высоки. Но, как и следовало ожидать, с увеличением размера изображения они снижаются.

Т а б л и ц а 2

Пары фигур	$\sqrt{\sigma^2 y}$ расширение "m"			
	2	3	4	5
1 и 2 1 и 3	0,02 0,04	0,03 0,07	0,04 0,1	0,06 0,14

В ы в о д

Результаты численного эксперимента показали, что циклическое преобразование Гогина позволяет при изменении масштаба изображения вычислить информативные признаки изображения, инвариантные к изменению масштаба. Для конкретных классов изображения, не препятствующих различению объектов с заданной надежностью, даны численные оценки допустимых шумов изображения.

Л и т е р а т у р а

1. Smift R.D. d.o Hadamard transform images and imaging spectrometry. - Appl. Opt. 1976. V15 №6, p.1595-1609.
2. Olivez C.I. Optical image processing by multiplex coding. Appl. Opt., 1976. №1, p.93-106.
3. Берковская К.Ф. Возможности реализации Адамаровского спектроанализатора на фотоприемном устройстве типа "Маскон". - В кн.: Оптическая обработка информации. - Д.: Наука, 1978, с.135-147.
4. Гогин Н.Д. Преобразование Адамара и сдвиг изображения. - Автометрия, 1979, № 2, с.26-31.
5. Гогин Н.Д. Преобразование Адамара и увеличение масштаба сигнала. - Автометрия, 1980, № 6, с.112-115.